

Best Available Copy

26/04
De 020103

DE 199 42 269 A 1

BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND
DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift
DE 199 42 269 A 1

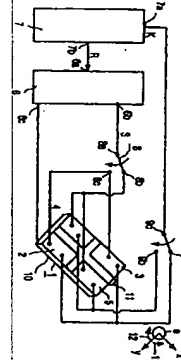
Int. Cl.
H 02 N 206

Anmelder:
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
22336 Hamburg, DE

Erfinder:
Serrano, Morillas Frascio, Dr. E2078 Aachen, DE;
Lauter, Josef, Dr. 52511 Gelsenkirchen, DE;
Reichinger, Christen, Dr.-Ing. 52477 Alsdorf, DE

Die folgenden Ansprüche sind vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ① Piezoelektrische Antiebsvorrichtung
- ② Die Erfindung bezieht sich auf eine piezoelektrische Antiebsvorrichtung mit einem binodalen piezoelektrischen Resonator,
- ③ mit wenigstens einer ersten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer ersten Antriebsrichtung, mit wenigstens einer zweiten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer zweiten Antriebsrichtung und
- ④ mit einer Anstufungsschaltung zur Lieferung von Steuersignalen an die erste und die zweite Steuerelektrode,
- ⑤ die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet,
- ⑥ daß eine Regelerschaltung zur Regelung der Steuersignale vorgesehen ist,
- ⑦ daß bei Ansteuerung des Resonators in der ersten Antriebsrichtung, mittels der ersten Steuerelektrode die zweite Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist,
- ⑧ daß bei Ansteuerung des Resonators in der zweiten Antriebsrichtung mittels der zweiten Steuerelektrode die erste Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist.



DE 199 42 269 A 1

Bestimmung

DE 199 42 269 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine piezoelektrische Antiebsvorrichtung mit einem binodalen piezoelektrischen Resonator,

mit wenigstens einer ersten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer ersten Antriebsrichtung, mit wenigstens einer zweiten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer zweiten Antriebsrichtung und

mit einer Anstufungsschaltung zur Lieferung von Steuersignalen an die erste und die zweite Steuerelektrode.

Eine derartige piezoelektrische Antiebsvorrichtung ist aus der EP 631616 A2 bekannt. Diese bekannte Antiebsvorrichtung weist als piezoelektrischen Resonator eine rechteckförmige piezoelektrische Platte mit vier Steuerelektroden auf, wobei zwei Steuerelektroden zur Ansteuerung des Resonators in der ersten Antriebsrichtung und die anderen zwei Steuerelektroden zur Ansteuerung des Resonators in der zweiten Antriebsrichtung vorgesehen sind.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Antiebsvorrichtung der eingangs genannten Art mit verbessertem Wirkungsgrad zu schaffen.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst,

daß eine Regelerschaltung zur Regelung der Steuersignale vorgesehen ist

daß bei Ansteuerung des Resonators in der ersten Antriebsrichtung mittels der ersten Steuerelektrode die zweite Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist

daß bei Ansteuerung des Resonators in der zweiten Antriebsrichtung mittels der zweiten Steuerelektrode die erste Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist.

Eine derartige Antiebsvorrichtung ist mit einem binodalen piezoelektrischen Resonator, mit wenigstens einer ersten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer ersten Antriebsrichtung, mit wenigstens einer zweiten Steuerelektrode zur Ansteuerung des Resonators in einer zweiten Antriebsrichtung und mit einer Anstufungsschaltung zur Lieferung von Steuersignalen an die erste und die zweite Steuerelektrode, gekennzeichnet durch eine Regelerschaltung zur Regelung der Steuersignale, wobei bei Ansteuerung des Resonators in der ersten Antriebsrichtung mittels der ersten Steuerelektrode die zweite Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist, wobei bei Ansteuerung des Resonators in der zweiten Antriebsrichtung mittels der zweiten Steuerelektrode die erste Steuerelektrode zur Lieferung eines Rückkopplungssignals an die Regelerschaltung vorgesehen ist.

Zur Gewinnung des für die Regelung erforderlichen Rückkopplungssignals ist jeweils die passive Steuerelektrode vorgesehen, d. h. die Steuerelektrode, welche bei der jeweiligen Antriebsrichtung nicht angesteuert wird. Lies er-möglicht eine optimale Ausnutzung der Fläche des piezoelektrischen Resonators. Es sind keine zusätzlichen Sensorelektroden zur Gewinnung des Rückkopplungssignals erforderlich. Zusätzliche Sensorelektroden würden die für die Steuerelektroden zur Verfügung stehende Fläche und damit das aktive Piezovolumen, d. h. das Volumen unterhalb der Steuerelektrodenflächen, reduzieren.

Bei der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 sind ein erstes und ein zweites Steuerelektrodenpaar zur Ansteuerung der jeweiligen Antriebsrichtung vorgesehen. Das aktive Piezovolumen, d. h. das Volumen unterhalb der Steuerelektroden, soll so groß wie möglich sein, um eine hohe Dazugelastigkeit und eine maximale Ausgungleistung zu erzielen. Die paarweise Anordnung der Steuerelektroden ermöglicht eine gute Pizanznutzung der Oberfläche des piezoelektrischen Resonators.

Insbesondere ist die paarweise Anordnung der Steuerelektroden günstig bei der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 3. Die im wesentlichen rechteckförmigen, ausgedehnten piezoelektrischen Resonatoren sind in Dickenrichtung polarisiert und die Schwingungsmoden werden vorzugsweise durch den D-31 Piezoeffekt stimuliert.

Die bei der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 4 vorgesehene Auswertung der Amplitude erfolgt vorzugsweise mittels eines Analog-Digital-Wandlers. Die Regelerschaltung vergleicht entweder die Amplitude des Rückkopplungssignals mit einem vorgebbaren Referenzwert oder die Regelerschaltung vergleicht die Amplitude des Rückkopplungssignals mit der Amplitude des Steuersignals und leitet daraus das Regelsignal ab.

Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 5 ist besonders einfach und kostengünstig realisierbar, da kein Analog-Digital-Wandler erforderlich ist.

Die Regelung der Frequenz des Steuersignals gemäß der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 6 ermöglicht es, dem piezoelektrischen Resonator ständig bei der größtmöglichen Güte zu betreiben.

Die Regelung der Amplitude gemäß Anspruch 7 hat den Vorteil, daß man sich mit der Ausgangseinstellung des Motors begnügen kann.

Besonders vorteilhaft ist es, die Regelung der Frequenz und der Amplitude zu kombinieren. Bei der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 8 wird das Steuersignal in einem Schritt mittels der Regelerschaltung des Steuersignals. Dies gewährleistet eine optimale Güte des piezoelektrischen Resonators.

Vorteilhaft kann dann in einem zweiten Schritt noch die Amplitude des Steuersignals geregelt werden, z. B. um ein bestimmtes Drehmoment zu erzeugen bzw. ein gewünschtes Drehmoment zu erreichen.

Die Antiebsvorrichtung kann vorzugsweise zum Antrieb des Schließorgans eines Schließers oder zum Antrieb der Schließmechanik eines elektronischen Gerätes zum Lesen von auf plattenförmigen Datenträgern, insbesondere CDs und DVDs, gespeicherten Informationen und/oder zum Schreiben von Informationen auf plattenförmige Datenträger verwendet werden.

Einige schematisch dargestellte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung in den Fig. 1 bis 3 näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Resonators mit vier Steuerelektroden, wobei die sich diagonal gegenüberliegenden Steuerelektroden jeweils mit einer Steuerelektrode und einer Rückkopplungselektrode versehen sind;

Fig. 2 eine Seitenansicht des piezoelektrischen Resonators gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein CD-Laufwerk mit einer piezoelektrischen Antiebsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines CD-Laufwerks mit einer piezoelektrischen Antiebsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 5 eine erste Ausführungsform eines CD-Laufwerks mit einer piezoelektrischen Antiebsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 6 eine prinzipielle Skizze eines Benutzers eines Resonators, angesteuert mittels einer piezoelektrischen Antiebsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 7 zeigt in perspektivischer Ansicht einen im wesentlichen rechteckförmigen piezoelektrischen Resonator 1, welcher eine erste Steuerelektrode 2, eine zweite Steuerelektrode 3, eine dritte Steuerelektrode 4 und eine vierte Steuerelektrode 5 aufweist.

DE 199 42 269 A 1

ung zur Regelung der Frequenz des Steuersignals vor-
 gesehen ist.
 7. Piezoelektrische Antriebvorrichtung nach An-
 spruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regel-
 ung zur Regelung der Amplitude des Steuersignals
 vorgesehen ist.
 8. Piezoelektrische Antriebvorrichtung nach An-
 spruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regel-
 ung in einem ersten Schritt zur Regelung der Frequenz
 des Steuersignals vorgesehen ist und in einem zweiten
 Schritt zur Regelung der Amplitude des Steuersignals
 vorgesehen ist.
 9. Elektrischer Rasterer mit einem rotierenden und/
 oder oszillierenden Scherkopf, dadurch gekennzeichnet,
 daß der Rasterer zum Antrieb des Scherkopfes eine
 piezoelektrische Antriebvorrichtung nach Anspruch 1
 aufweist.
 10. Elektronisches Gerät zum Lesen von auf platten-
 gespeicherten Datenträgern, insbesondere CDs und DVDs,
 von Informationen auf plattenförmige Datenträger mit-
 tels einer Schreib/Leseeinheit, dadurch gekennzeichnet,
 daß das elektronische Gerät eine piezoelektrische
 Antriebvorrichtung nach Anspruch 1 aufweist zum
 Antrieb der Schreib/Leseeinheit.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

KOPIE

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer: DE 199 42 269 A1
 Int. Cl. 7: H02N 2/06
 Offenlegungstag: 8. März 2001

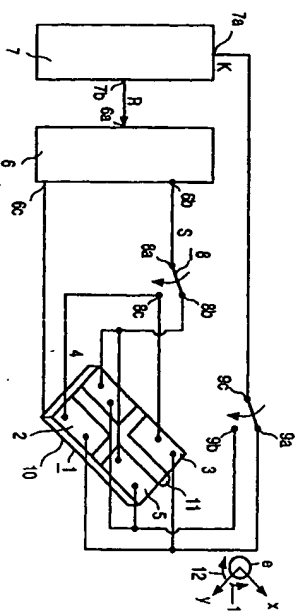


FIG. 1

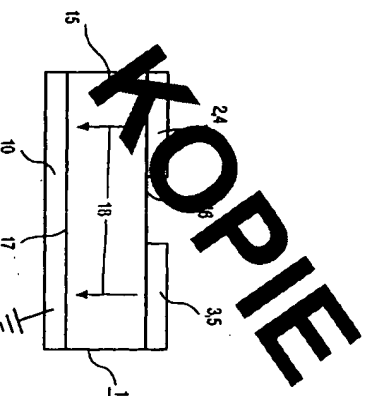


FIG. 2

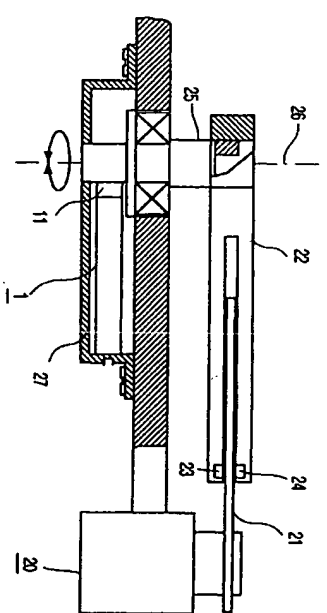


FIG. 3

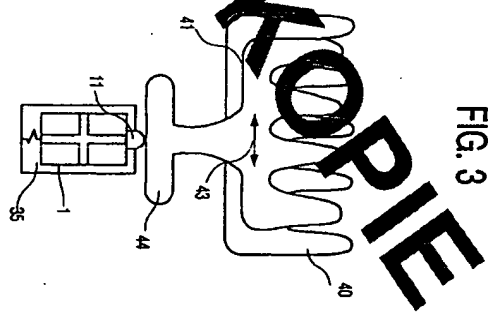


FIG. 6

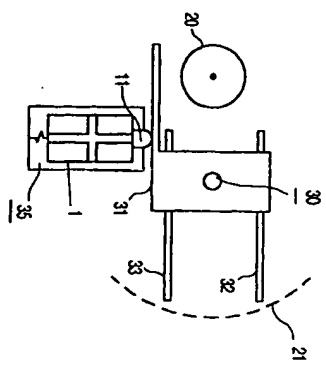


FIG. 4

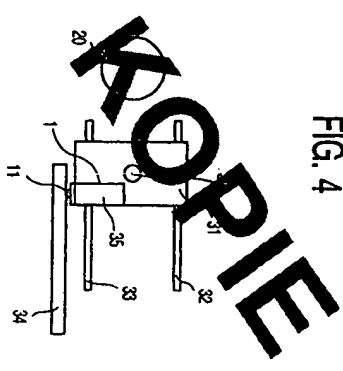


FIG. 5

3

4

elektrode 3, eine dritte Steuerelektrode 4 und eine vierte Steuerelektrode 5 aufweist. Die Steuerelektrode 2 und die zweite Steuerelektrode 3 sind diagonal gegenüberliegend angeordnet und bilden ein erstes Steuerelektrodenpaar. Die dritte Steuerelektrode 4 und die vierte Steuerelektrode 5 sind ebenfalls diagonal gegenüberliegend angeordnet und bilden ein zweites Steuerelektrodenpaar. Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 ist eine Ansteuerungsvorrichtung vorgesehen. Die Ansteuerungsvorrichtung 6 liefert ein Steuersignal 8 an den piezoelektrischen Resonator 1. Zur Regelung des Steuersignals 8 der Ansteuerungsvorrichtung 6 ist eine Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 vorgesehen. Zwischen der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 und dem piezoelektrischen Resonator 1 ist ein erster Schalter 9 angeordnet. Die Ansteuerungsvorrichtung 6 weist einen Ausgang 6a auf, der mit dem ersten Eingang 8a des ersten Schalter 9 gekoppelt ist. Der erste Schalter 8 wird an seinem Eingang 8a das Steuersignal 8 zugeführt. Ausgangsschaltig weist der erste Schalter 8 eine erste Schaltstellung 8b auf, die eine zweite Schaltstellung 8c aufweist. Die erste Schaltstellung 8b ist mit der dritten Steuerelektrode 4 und der vierten Steuerelektrode 5 gekoppelt. Die zweite Schaltstellung 8c ist mit der ersten Steuerelektrode 2 und der zweiten Steuerelektrode 3 gekoppelt. Zwischen dem piezoelektrischen Resonator 1 und der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 ist ein zweiter Schalter 9 angeordnet. Der zweite Schalter 9 weist eine erste Schaltstellung 9a auf, die eine zweite Schaltstellung 9b aufweist. Der zweite Schalter 9a weist einen Ausgang 9a auf, welcher mit einem Eingang 7a der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 gekoppelt ist. Die erste Schaltstellung 9b und des zweiten Schaltlers 9 ist mit der ersten Steuerelektrode 2 und der zweiten Steuerelektrode 3 gekoppelt. Die dritte Schaltstellung 9c und der vierten Steuerelektrode 4 und der zweiten Steuerelektrode 3 gekoppelt. Der piezoelektrische Resonator 1 weist eine Unterseite einer geräufelten Masselektrode 6 auf. Die Ansteuerungsvorrichtung 6 weist einen Ausgang 6a auf, welcher mit der Masselektrode 6 gekoppelt ist. Der piezoelektrische Resonator 1 weist einen Ausgang 7b auf, welcher mit dem ersten Eingang 8a der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 gekoppelt ist. Der piezoelektrische Resonator 1 ist an einer Unterseite einer Masselektrode 11 auf. Dieses Antriebsmittel 11 kann der piezoelektrische Resonator 1 zum Antrieb von in der Fig. 1 nicht näher dargestellten Antriebsmitteln verwendet werden. z.B. zum Antrieb des Scherkopfes eines elektrischen Rastens. Der piezoelektrische Resonator 1 kann in einer Schwingungsebene (X-Y-Ebene) zu Schwingungen angeregt werden, wobei die Schwingung in x- und y-Richtung erfolgt. Durch geeignete Ansteuerung und durch geeignete Wahl der Geometrie des piezoelektrischen Resonators 1 können die Resonanzfrequenzen der beiden orthogonalen Schwingungen so eingestellt werden, dass beide Schwingungen mit ausreichender Amplitude und gewünschter Phasenlage angeregt werden und das der Antriebsmittel 11 des piezoelektrischen Resonators 1 sich auf einer in der x-y-Ebene liegenden Kurve, insbesondere einer elliptischen Kurve e, bewegt. Durch geeignete Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 kann eine derartige Schwingung entlang der elliptischen Kurve e so wohl eingeregelt werden, dass der Resonator 1 in einer ersten Antriebsrichtung 12 angeregt werden. Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der ersten Antriebsrichtung 12 sind die Steuerelektrode 2 und die zweite Steuerelektrode 3 vorgesehen. Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der zweiten Antriebsrichtung 13 sind die dritte Steuerelektrode 4 und die vierte Steuerelektrode 5 vorgesehen.

Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der zweiten Antriebsrichtung 13 befindet sich der erste Schalter 8 in der in der Fig. 1 dargestellten ersten Schaltstellung 8b und der zweite Schalter 9 befindet sich in der in der Fig. 1 dargestellten ersten Schaltstellung 9a. Für diese zweite Antriebsrichtung 13 wird das Steuersignal 8 von der Ansteuerungsvorrichtung 6 über den sich in der ersten Schaltstellung 8b befindenden Schalter 8 parallel sowohl der dritten Steuerelektrode 4 als auch der vierten Steuerelektrode 5 zugeführt. Das Steuersignal 8 regt die piezoelektrische Antriebsrichtung 13 an. Der zweite Schalter 9 befindet sich in der ersten Schaltstellung 9a und die zweite Steuerelektrode 2 und die zweite Steuerelektrode 3 über den sich in der ersten Schaltstellung 9a befindenden zweiten Schalter 9 mit dem Eingang 7a der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 verbunden. Der erste Steuerelektrode 2 und die zweite Steuerelektrode 3 liefern somit ein Rückkopplungssignal K an die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7. Das Rückkopplungssignal K liefert der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 die Schwingung des piezoelektrischen Resonators 1. Die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 weist das Rückkopplungssignal K aus und liefert ein Regelsignal R an die Ansteuerungsvorrichtung 6. Mittels dieses Regelsignals R wird das von der Ansteuerungsvorrichtung 6 an den piezoelektrischen Resonator 1 geleitete Steuersignal 8 geregelt. Die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 ist entweder zur Auswertung der Amplituden des Rückkopplungssignals K oder zur Auswertung der Phase zwischen dem Steuersignal 8 und dem Rückkopplungssignal K vorgesehen. Zur Auswertung der Amplituden des Rückkopplungssignals K ist es erforderlich, dass die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 einen Analog-Digital-Wandler aufweist. Zur Auswertung der Phase zwischen dem Steuersignal 8 und dem Rückkopplungssignal K weist die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 einen Phasendetektor auf. Ein detektiertes Phasensignal ist besonders einfach und kostengünstig zu realisieren.

Das von der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 geleitete Regelsignal R kann zur Regelung der Frequenz des Steuersignals 8, zur Regelung der Amplitude des Steuersignals 8 oder zur Regelung der Frequenz und der Amplitude des Steuersignals 8 verwendet werden.

Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der ersten Antriebsrichtung 12 befindet sich der erste Schalter 8 in der zweiten Schaltstellung 8c und der zweite Schalter 9 befindet sich in der zweiten Schaltstellung 9b. Die Steuerschaltung 6 liefert zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der ersten Antriebsrichtung 12 das Steuersignal 8 an die erste Steuerelektrode 2 und an die zweite Steuerelektrode 3. Bei Betrieb in der Antriebsrichtung 12 sind die dritte Steuerelektrode 4 und die vierte Steuerelektrode 5 zur Lieferung des Rückkopplungssignals K an die Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 vorgesehen. Diese liefert wiederum ein Regelsignal R an die Ansteuerungsvorrichtung 6, so dass auch in der ersten Antriebsrichtung 12 eine Regelung des Steuersignals 8 ermöglicht wird.

Mittels der Regelung des Steuersignals 8 und der damit verbundenen Regelung der Schwingung des piezoelektrischen Resonators 1 wird es möglich, das piezoelektrische Resonator 1 immer bei der optimalen Frequenz, d.h. bei der Frequenz, bei der der Wirkungsgrad optimal ist, zu betreiben. Dies ist insbesondere vorteilhaft für piezoelektrische Resonatoren 1 mit hoher Schwingungsebene, da bei derartigen Resonatoren der Verlust der Güte über der Frequenz sehr schmalbandig verläuft. Durch Nachregulierung der Frequenz des Steuersignals 8 kann daher ständig ein optimaler Bereich der Antriebsvorrichtung bei der größtmöglichen Resonanzgröße gewährleistet werden.

5

6

In der ersten Antriebsrichtung 12 werden die passiven, d.h. nicht zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 vorgesehenen Steuerelektroden 4 und 5 zur Lieferung des Rückkopplungssignals K genutzt. In der zweiten Antriebsrichtung 13 werden die für die erste Antriebsrichtung vorgesehenen Steuerelektroden 2 und 3 zur Gewinnung des Rückkopplungssignals K genutzt. Diese wechselseitige Nutzung der Steuerelektroden ermöglicht eine reduzierte Anzahl an Steuerelektroden und damit eine kompaktere Bauweise des Resonators 1. Einziges Merkmal K ermöglicht eine bessere Auswertung des Rückkopplungssignals K, ermöglicht eine bessere Auswertung der Phase und ermöglicht die Reduzierung des erforderlichen Nutzwerts und der Antriebsleistung des piezoelektrischen Resonators 1. Bei einer derartigen Anordnung sind keine zusätzlichen Steuerelektroden zur Gewinnung des Rückkopplungssignals K erforderlich. Daher wird das aktive Piezoelement, d.h. das sich unter der jeweils aktiven Steuerelektrode befindliche Volumen, nicht durch zusätzliche Steuerelektroden vergrößert. Die Antriebsvorrichtung ist auch daher besonders effizient.

Fig. 2 zeigt den piezoelektrischen Resonator gemäß Fig. 1 in Schematische. Der piezoelektrische Resonator 1 weist einen piezoelektrischen Grundkörper 15 mit einer ersten Oberfläche 16 und einer zweiten Oberfläche 17 auf. Die zweite Oberfläche 17 ist vollständig mit der Masselektrode 10 bedeckt. Die erste Oberfläche 16 trägt die erste Steuerelektrode 2, die zweite Steuerelektrode 3, die dritte Steuerelektrode 4 und die vierte Steuerelektrode 5. Die Polarisierungsebene des piezoelektrischen Grundkörpers 15 ist unter den Steuerelektroden 2, 3, 4 und 5 gleich. In Fig. 2 ist die Polarisierungsebene durch zwei Pfeile 18 angedeutet. Die Schwingungsmoden des piezoelektrischen Resonators 1 werden durch den D 31-Piezoeffekt stimuliert.

Fig. 3 zeigt ein CD-Laufwerk mit einer piezoelektrischen Antriebsvorrichtung gemäß Fig. 1. Bei diesem Laufwerk weist ein mit einem Laser-Schreibkopf 22, 24 und einem Arm 22 in radialer Richtung über eine CD 21 bewegliches Element 22 auf. Der Arm 22 ist an einer um einen Motor 26 gedrehbaren Welle 25 angeordnet, die von einer Drehschleife 26 gedreht wird. Die Drehschleife 26 ist mit einer piezoelektrischen Antriebsvorrichtung gemäß Fig. 1 angetrieben. Hierzu weist die Drehschleife 26 einen piezoelektrischen Resonator 1 auf, der mit einer Unterseite einer Masselektrode 11 auf. Der piezoelektrische Resonator 1 weist einen Ausgang 7b auf, welcher mit dem ersten Eingang 8a der Regelungs- und Rückkopplungsvorrichtung 7 gekoppelt ist. Der piezoelektrische Resonator 1 ist an einer Unterseite einer Masselektrode 11 auf. Dieses Antriebsmittel 11 kann der piezoelektrische Resonator 1 zum Antrieb von in der Fig. 1 nicht näher dargestellten Antriebsmitteln verwendet werden. z.B. zum Antrieb des Scherkopfes eines elektrischen Rastens. Der piezoelektrische Resonator 1 kann in einer Schwingungsebene (X-Y-Ebene) zu Schwingungen angeregt werden, wobei die Schwingung in x- und y-Richtung erfolgt. Durch geeignete Ansteuerung und durch geeignete Wahl der Geometrie des piezoelektrischen Resonators 1 können die Resonanzfrequenzen der beiden orthogonalen Schwingungen so eingestellt werden, dass beide Schwingungen mit ausreichender Amplitude und gewünschter Phasenlage angeregt werden und das der Antriebsmittel 11 des piezoelektrischen Resonators 1 sich auf einer in der x-y-Ebene liegenden Kurve, insbesondere einer elliptischen Kurve e, bewegt. Durch geeignete Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 kann eine derartige Schwingung entlang der elliptischen Kurve e so wohl eingeregelt werden, dass der Resonator 1 in einer ersten Antriebsrichtung 12 angeregt werden. Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der ersten Antriebsrichtung 12 sind die Steuerelektrode 2 und die zweite Steuerelektrode 3 vorgesehen. Zur Ansteuerung des piezoelektrischen Resonators 1 in der zweiten Antriebsrichtung 13 sind die dritte Steuerelektrode 4 und die vierte Steuerelektrode 5 vorgesehen.